

論 文

## 우리나라의 SAR 능력 향상에 관한 연구 - 해난사고 분석 및 Leeway 현장실험 -

윤 종 휘\* · 이 문 진\*\* · 장 하 룡\*\*\* · 고 성 정\*\*\*\*

A Study on the Improvement of SAR Capabilities in Korea  
- Analysis of marine casualties and leeway field experiment -

*Jong-Hwui Yun\* · Moon-Jin Lee\*\* · Ha-Lyong Jang\*\*\* · Sung-Jung Koh\*\*\*\**

〈목 차〉

Abstract	4. 표류실험 결과
1. 서론	5. 토의 및 결론
2. 자료 및 방법	참고문헌
3. 우리나라 주변해역에서의 해난사고 현황	

### Abstract

We studied the characteristics of marine casualties within the area under control of Korea National Maritime Police and leeway of drifting vessel. According to 5 years'(1995~1999) data of casualties, it was found that the occurrence of casualties by fishing boats ranked the highest and a considerable numbers of casualties took place more than 20 miles off the shore. From a result of field experiment of G/T 50 tons vessel off Busan harbor on Apr. 26~28, 2000, we computed that the linear equation of leeway speed(cm/s) was  $1.01 \times U(U : \text{wind speed in m/s}) + 11.36$  with correlation coefficient between wind speed and leeway speed being 0.252 and we found leeway angle ranged from + 87°(right) to - 78°(left) of the downwind direction.

\* 한국해양대학교 해양경찰학과

\*\* 한국해양연구소

\*\*\* 한국해양대학교 대학원

\*\*\*\* 한국해양수산연수원

## 1. 서 론

최근 들어 세계적으로 국제무역량이 증가하고 해상 레저활동이 대중화되면서 해난사고가 자주 발생함에 따라, 이로 인한 인명 및 재산피해가 급증하게 되었다. 이 같은 해난사고로 인한 인적·물적 손실을 최소화하기 위하여 국제기구인 IMO에서는 1979년 SAR 협약을 채택하였고, 이 협약은 1985년 발효되었다. 이 밖에 IMO에서는 MERSAR(Merchant Ship Search and Rescue Manual) 및 IMOSAR(IMO Search and Rescue Manual)와 같은 SAR 활동지침서를 마련하면서 관련당사자(국)에게 제공하고 있다. 우리나라도 1995년 10월 4일 SAR 협약에 가입하여 주관 부서를 해양경찰청으로 하여 SAR 조직을 구성하고, 필요한 장비 및 통신망의 지속적 확충, 선위통보제도의 시행, SAR 요원에 대한 교육 및 훈련, 인접국과의 합동 훈련 등을 실시하고 있다. 또한 효과적인 SAR 시스템 구축을 위한 연구·개발이 진행중이다.

한편, 해상에서의 조난사고는 대부분 조난선(자)의 정확한 위치가 알려지지 않거나, 위치가 최종 확인된 때로부터 장시간 경과되기 때문에, 이러한 경우 구조 조정본부(RCC)에서는 면밀한 수색 및 구조 계획을 수립하여야 한다. 이 때 수색계획에는 조난물체의 위치 추정, 수색범위, 수색패턴의 선택, 트랙간격, 통신방법, 현장조정계획 등이 포함되어 있다. 이 중 조난물체의 위치를 정확하게 추정하는 것은 수색의 첫 단계 작업으로, 수색의 성공여부를 결정하는 중요한 요소가 된다.

해상에서 조난 물체는 바람, 해류, 조류 및 파도 등의 영향으로 항상 불규칙적으로 움직이고 있다. 이 같은 환경 속에서 표류하고 있는 조난물체의 위치를 추정하기 위해서는 조난 발생지점 또는 조난사고가 보고된 최종 위치로부터 시작하여 이 들 영향의 시간 경과에 따른 총 벡터를 계산하여 조난물체의 시각별 위치 추정 및 수색 구역을 결정하게 된다.

조난물체의 표류에 영향을 미치는 인자로 크게 해류(sea current), 조류(tidal current), 취송류(wind-driven current) 및 leeway를 들 수 있다. 이 중 해류, 조류 및 취송류는 해수의 흐름으로, 조난물체의 수면 하 침하부분을 이동시키는 요소로써, 장기간의 관측과

수식을 이용하여 계산할 수 있다. 반면에 leeway는 조난물체의 수면상 노출 부분에 작용하는 바람에 의한 조난물체의 이동량으로, 주로 해상표류실험을 통해 얻은 연구 결과치가 이용되고 있다.

현장표류실험은 각종 실험 대상에 위치측정장비, 유속계, 풍향풍속계 및 기록장치 등 계측 장비들을 부착하여 실시한다. Leeway에 대한 연구는 Pingree(1944)가 해군함정의 라이프래프트에 대한 leeway를 보고한 이래 여러 차례의 현장표류실험(USCG, 1999)을 통해 수행되었다. 현재 선진국에서는 표류물체의 추정위치를 예측하기 위해 U.S National SAR Manual(1991)이나 Canadian National SAR Manual(1997)과 같은 SAR 지침서 및 컴퓨터예측모델을 이용하는데, 여기에 입력되는 값은 지금까지의 실험에 의한 결과치이다. 그러나, 이 들 결과치는 현장 실험 당시 사용하였던 계측 오차와 현재의 상황에 맞지 않는 여러 가지 요인들 때문에 조난물체의 위치 및 수색구역이 부정확한 경우가 흔히 발생한다.

따라서 본 연구에서는 우리나라의 연·근해에서 발생하는 해난사고의 특징을 알아보고, 또한 표류물체의 현장실험(윤 등, 2000)을 실시하여 추후 수색구조 계획 수립 시, 정확한 데이텀(datum)을 추정하는데 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

## 2. 자료 및 방법

### 2.1 표류실험 장소 및 실험대상

현장표류실험은 2000년 4월 26일 14:06~15:02분 및 4월 28일 11:24~12:25분 태중대 부근에서, 4월 28일 14:32~15:31분 수영만에서 실시하였다(Fig. 1). 표류대상은 전장 약 24m, 폭 약 6m, 흘수 약 2m 및 수면에서 최상단까지의 높이 약 4m 인 G/T 50톤급 선박으로 하였다(Fig.2).

### 2.2 실험 장비

표류선박의 위치는 DGPS(Differential Global Positioning System) 정보수신기(Beacon Receiver)를

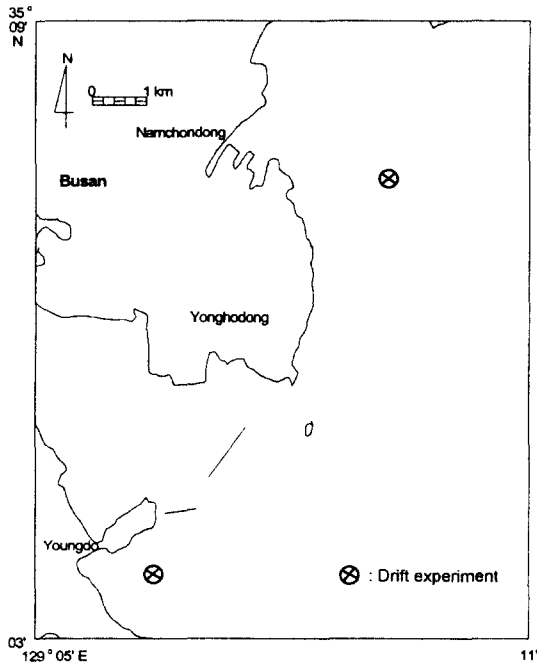


Fig. 1 Location of leeway field experiment

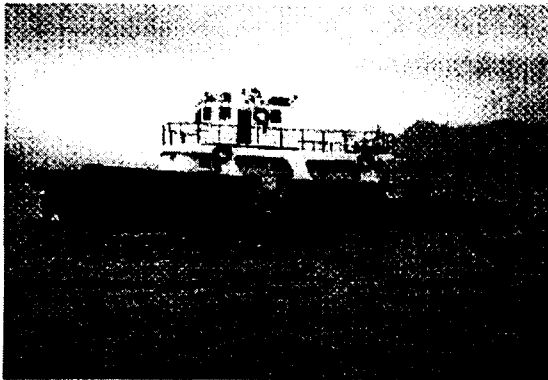


Fig. 2 Drift object - G/T 50 tons vessel

이용하여 수신하였고, 1분 간격의 위치 정보를 정리하였다. 표류 선박 주변의 해수유동은 미국 SonTeck사의 도플러식 유속계 ADP(Acoustic Doppler Profile)을 이용하여 층별 유속 및 유향을 측정된 후, 1분 간격의 수심 7m의 자료를 이용하였다. 그리고 실험 당시의 풍향·풍속은 미국 Rainwise사의 Weatherview 32 풍향·풍속계로 해면상 약 3m 높이에서 관측한 1분 간

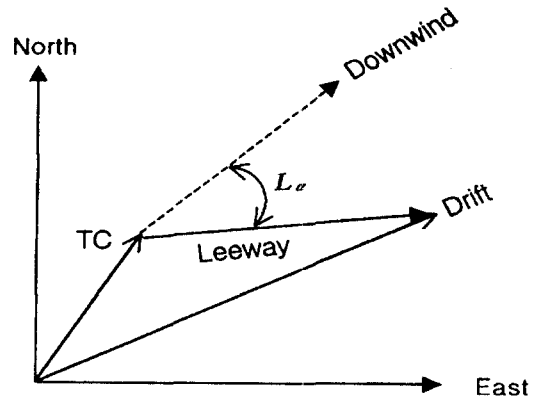


Fig. 3 Schematic diagram for computation of leeway vector. TC, Drift and  $L_\alpha$  denote total current, drifting vector of object and leeway angle respectively

격의 진풍(True wind)자료를 이용하였다.

### 2.3 Leeway 계산

Leeway 벡터(L) 및 leeway 각( $L_\alpha$ )은 1분 간격의 바람, 해수유동 및 선박표류벡터 자료를 이용하여 다음과 같이 계산하였다(Fig. 3)

- ① Leeway 벡터 = 표류벡터(Drift) - 해수유동벡터 (TC)
- ② Leeway 각 = Leeway 방향 - 풍하방향(Downwind direction)

그리고 leeway 특성을 알아보기 위하여 풍속에 대한 leeway 속도의 선형회귀식을 구하고, 풍하방향을 중심으로 leeway 각의 분포 상태를 조사하였다.

본 연구에 사용된 풍속은 다음 식을 사용하여 해면상 10m 높이에서의 풍속으로 환산한 값이다.

$$U_z = U_{10} \left(\frac{z}{10}\right)^{1/7}$$

여기에서 Z : 풍속 관측 높이(m)

$U_z$  : 해면상 Z(m) 높이에서의 풍속

$U_{10}$  : 해면상 10m 높이에서의 풍속임.

### 3. 우리나라 주변해역에서의 해난사고의 현황

#### 3.1. 해난사고 발생빈도 및 피해 현황

우리나라 주변 해역에서 발생한 해난사고의 발생 빈도 및 피해 정도를 분석해 보면(Table 1), 해난사고는 1995년 540척, 1996년에 523척으로 약간 감소하다가 1997년부터 계속적인 증가 추세를 보이고 있다. 이 증가율은 1995년에 약 70%정도이었으나, 그 후 점차 증가하여 1999년에는 약 80%에 이르는 것으로 나타났다.

해난사고로 인한 인명피해는 1995년 사망 43명, 실종 154명 총 197명이었는데, 그 후 매년 해난사고 발생 빈도가 증가했음에도 불구하고 오히려 약간 줄어드는 경향을 보였다. 이는 구난용 대형함정의 보유, 장비의 최신화, 조직의 민첩성 및 구조 기술의 향상 등에 의한 것으로 판단된다. 재산피해는 인명피해가 최근 들어 감소하는 경향과는 달리 큰 폭으로 증가하는 것으로 나타났다. 이는 해난사고에 수반되어 선박의 멸실, 전선 및 침몰 등이 증가하였을 것으로 추정된다.

#### 3.2 선종별 해난사고 발생 현황

선박의 종류별 해난사고를 살펴보면(Table 2), 우리나라의 연·근해에서 발생하는 해난사고는 어선이 전

체의 약 85% 이상을 차지하여 가장 높고, 그 다음은 화물선, 유조선, 여객선 및 관공선 순인 것으로 나타났다. 어선 및 여객선에 의한 해난사고는 인명피해가 뒤따르며, 특히 많은 인명사상이 발생하는 여객선의 사고도 매년 3~11여건 발생하고 있다. 또 한 차례의 사고로 엄청난 환경파괴 및 재산피해가 발생하는 유조선의 사고도 매년 6~12여건 발생하고 있다.

#### 3.3. 장소별 해난사고 발생 현황

4개년(1995~1998) 동안의 해난사고를 발생장소별로 분석해 보면(Table 3), 항 부근에서는 인천항과 부산항 부근에서 해난사고가 가장 많이 발생하였는데, 이는 선박의 교통밀도가 높기 때문이다.

그리고 영해에서는 남해에서 사고 빈도율이 가장 높아, 전체 사고의 약 35%를 차지하고 있다. 이것은 선박의 교통량뿐만 아니라 각종 어선의 주 어장이 남해에 형성되며, 또한 태평양 항로와 동남아 항로를 연결하는 길목에 위치하는 지리적인 여건 때문으로 사료된다.

해난사고의 발생장소를 해안으로부터 거리별로 분석해 보면(Table 4), 20' 미만의 연안 해역에서 사고가 가장 많이 발생하며, 항계내 및 협수로서 발생하는 사고를 합쳐 대략 전체의 70% 정도 차지하고 있다. 그러나, 20' 이상의 외해에서도 매년 150~180여건 해난사고가 발생하는 것으로 나타났다.

Table 1 해난사고 발생 현황

구분 연도	발 생		구 조		구조불능		인명피해		재산피해(억)	
	척	명	척	명	척	명	사망	실종	발생액	피해액
1995	540	3,514	381	3,317	159	197	43	154	1,883	352
1996	523	3,483	418	3,340	105	143	35	108	1,025	231
1997	572	3,411	444	3,227	128	184	33	151	1,211	279
1998	659	4,515	521	4,343	138	172	67	105	2,059	306
1999	803	4,722	644	4,571	159	151	71	80	3,271	460

자료 : 해양경찰청(2000)

Table 2 선종별 해난사고 발생 현황

단위 : 척

구분 년도	소계	어선	화물선	여객선	유조선	관공선	기타선
1995	540	453	20	11	10	-	46
1996	523	467	8	7	8	-	33
1997	572	509	17	3	12	1	30
1998	659	581	22	11	10	3	32
1999	803	692	40	4	6	2	59

자료 : 해양경찰청(2000)

Table 3 해역별 해난사고 발생건수

단위 : 건

연도		1995	1996	1997	1998	계
항 및 진 입 로	인천항	33	37	36	23	129
	장항/군산항	8	13	12	6	39
	목포항	16	3	2	4	25
	여수/광양항	14	9	4	5	32
	삼천포/통영항	8	11	8	14	41
	마산/진해항	7	5	3	5	20
	부산항	33	27	28	23	111
	부산-거제수역	10	19	-	12	41
	울산/포항항	9	5	19	13	46
	동해/속초/삼척항	-	10	8	6	24
	제주/서귀포항	5	7	6	5	23
영 해	동해	87	66	91	53	297
	남해	146	140	208	261	755
	서해	116	90	151	157	517
계		492	442	576	587	2,097

자료 : 중앙해양안전심판원(2000)

Table 4 거리별 해난사고 발생 현황

단위 : 척

구분 년도	항계내	협수로	20' 미만	20~50'	50~100'	100' 이상
1995	33	-	336	66	50	55
1996	31	2	310	76	56	48
1997	73	8	318	87	40	46
1998	114	81	289	80	40	55
1999	75	43	501	74	59	51
계	326	133	1,754	383	235	255

자료 : 해양경찰청(2000)

<Table 3>과 <Table 4>의 통계자료를 비교하면 상호 차이를 보이는데, 이는 해양경찰청과 중앙해양안전심판원의 해난사고에 대한 분석기준이 서로 다르기 때문인 것으로 사료된다.

선박의 표류 경로는 Fig. 6과 같으며, 관측기간 동안의 바람, 해수유동 및 선박의 표류벡터는 Fig. 7과 같다. 바람은 관측기간 동안 지속적으로 4~7m/s의 남서풍이 불었다. 해수유동은 관측기간 내내 바람과 거의 반

## 4. 표류실험 결과

### 4.1 1차 실험 결과

4월 26일 14:06분부터 15:02분까지 약 56분 동안의 선박의 표류 경로는 Fig. 4와 같으며, 관측기간 동안의 바람, 해수유동 및 선박의 표류벡터는 Fig. 5와 같다. 바람은 관측초기 약 25분 동안 4~6m/s의 북서풍이었으나, 그 이후 5~6m/s의 남서풍으로 바뀌었다. 해수유동은 관측 초기 약 15분 동안 10cm/s 정도의 북서~서향류이었으나, 그 후 약 40분 동안은 15cm/s 정도의 북북동~동북동향류이었다. 선박의 표류벡터는 다소 불규칙한 분포를 보이며, 관측 초기 15분간 바람의 영향을 많이 받아 동쪽으로 표류하다가, 그 이후에는 남서풍의 바람과 북동향류의 해수유동에 의해 북북동~북동쪽으로 표류하였다.

### 4.2. 2차 실험 결과

4월 28일 11:24분부터 12:25분까지 약 1시간 동안의

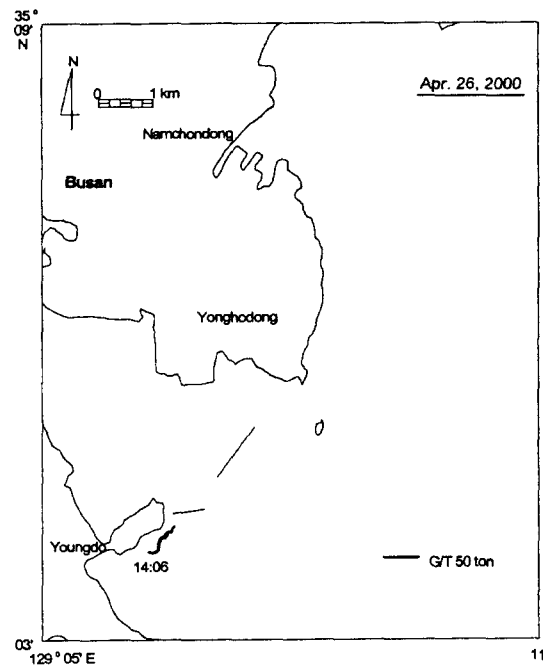


Fig. 4 Trajectory of drifting object during 14:06~15:01 on Apr. 26, 2000.

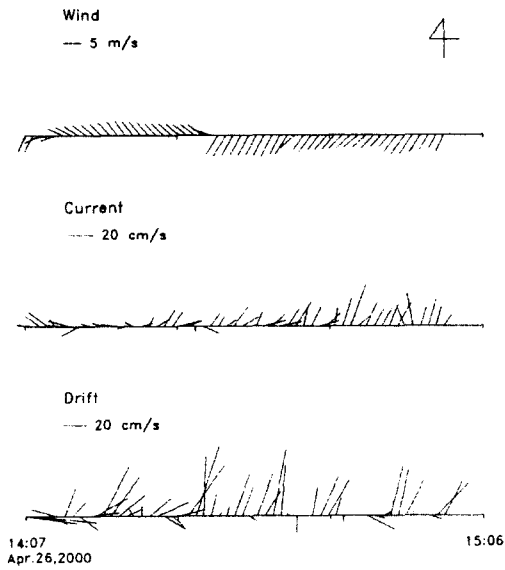


Fig. 5. Stick diagram for wind(upper), sea current(middle), ship's drift(lower) during 14:06~15:01 on Apr. 26, 2000. The stick represents in speed and direction. Wind direction is shown to blow toward the axis, while sea current and ship's drift are shown to move off from the axis.

대 방향인 남서향류로 약 20~25cm/s 정도이었다. 표류선박은 관측초기부터 약 40분 정도 해수유동의 영향으로 남~남서쪽으로 표류하였으나, 그 후 약 20분 동안은 오히려 바람의 영향이 더 많이 작용하여 서~북서쪽으로 약하게 표류하였다.

4.3 3차 실험 결과

4월 28일 14:32분부터 15:32분까지 약 1시간 동안의 선박의 표류 경로는 Fig. 8과 같으며, 관측기간 동안의 바람, 해수유동 및 선박의 표류벡터는 Fig. 9와 같다. 바람은 관측기간 동안 지속적으로 6~10m/s의 다소 강한 남풍이 불었다. 해수유동은 관측기간 내내 북서향류로 20cm/s 정도의 세기를 보였다. 표류 선박은 관측기간동안 대략 북서~북북서향을 보였고, 그 세기는 30~40cm/s이었다.

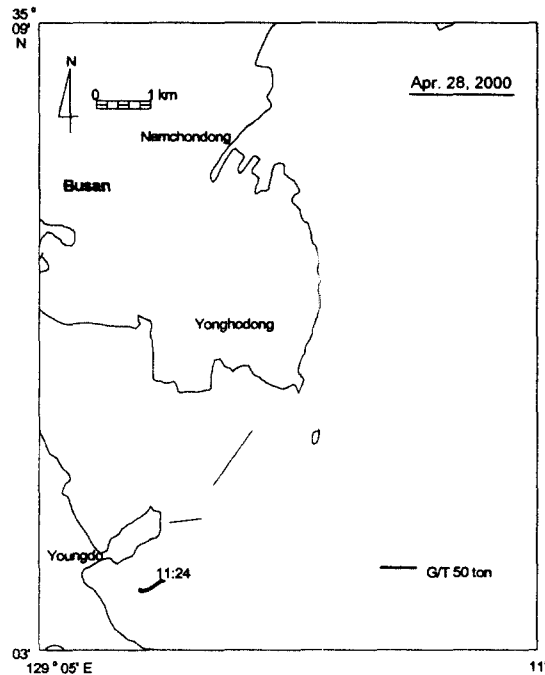


Fig. 6 Trajectory of drifting object during 11:24~12:24 on Apr. 28, 2000.

4.4 Leeway 벡터의 특성

Leeway 벡터의 특성을 조사하기 위하여 현장실험에서 관측한 바람, 해수유동 및 표류벡터 136개의 자료를 사용하여 leeway 속도 및 leeway 각을 계산하여 이를 분석하였다. Fig. 10은 동일시각의 풍속에 대한 leeway 속도 분포를 보여주는 그래프이며, 여기에서 풍속과 leeway 속도간의 선형회귀관계를 다음 식으로 추정하였다.

$$LS = A \times U + B$$

단, LS는 leeway 속도(cm/s), U는 해면상 10m 높이에서의 풍속(m/s), A와 B는 상수이다.

상수 A와 B를 최소자승법으로 계산하여 leeway 속도의 선형식을 구하면,

$$LS = 1.01 \times U + 11.36 \text{가 된다.}$$

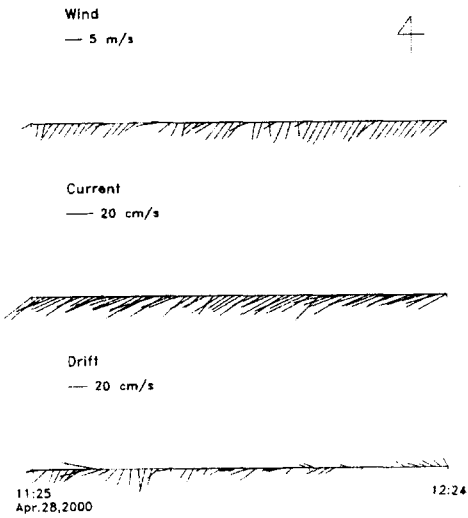


Fig. 7 Stick diagram for wind(upper), sea current(middle), ship's drift(lower) during 11:24~12:24 on Apr. 28, 2000. The stick represents in speed and direction. Wind direction is shown to blow toward the axis, while sea current and ship's drift are shown to move off from the axis.

그리고 풍속과 leeway 속도간의 상관계수( $r$ )를 구한 결과  $r=0.252$ 로, 두 변수간에 상관관계가 다소 낮은 것으로 나타났다.

<Table 5>는 leeway 방향에서 풍하각(downwind direction)을 마이너스하여 구한 leeway 각(leeway angle)의 자료를 정리한 것으로, leeway 각은 풍하방향으로부터  $-78^\circ$  (왼쪽) ~  $+87^\circ$  (오른쪽) 범위이며, leeway 각의 표준편차는  $36.8^\circ$ 로 풍하방향을 중심으로 넓게 퍼져 있는 것으로 나타났다.

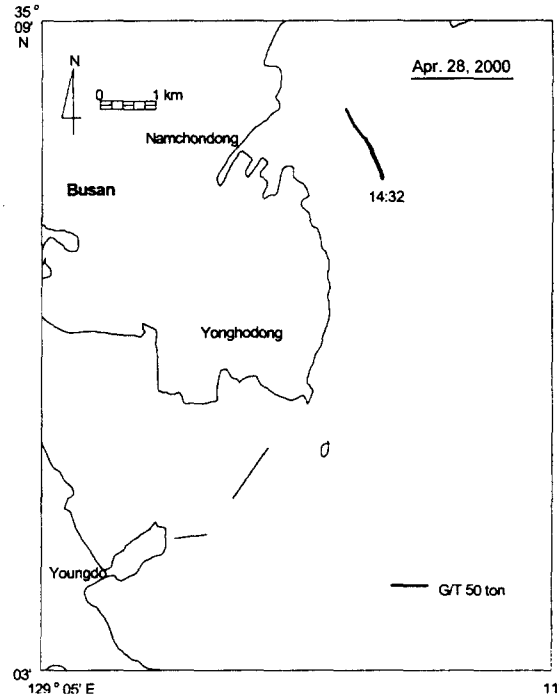


Fig. 8 Trajectory of drifting object during 14:32~15:31 on Apr. 28, 2000.

### 5. 토의 및 결론

본 연구에서는 5개년(1995~1999) 동안 우리나라 연·근해에서 발생한 해난사고의 특징을 조사해 보았다. 그리고 표류물체의 leeway 특성을 파악하기 위하여 G/T 50톤급 선박을 대상으로 해상표류실험을 실시하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

Table 5 표류선박의 leeway 각

표류물표	자료수	풍속(m/s)	leeway 각			
			평균	표준편차	최대	최소
G/T 50톤 선박	136	4~10	$-0.1^\circ$	$36.8^\circ$	$+87^\circ$	$-78^\circ$

\* 주 : (+) leeway 각은 풍하방향에서 오른쪽 편향, (-)는 왼쪽 편향을 의미함.



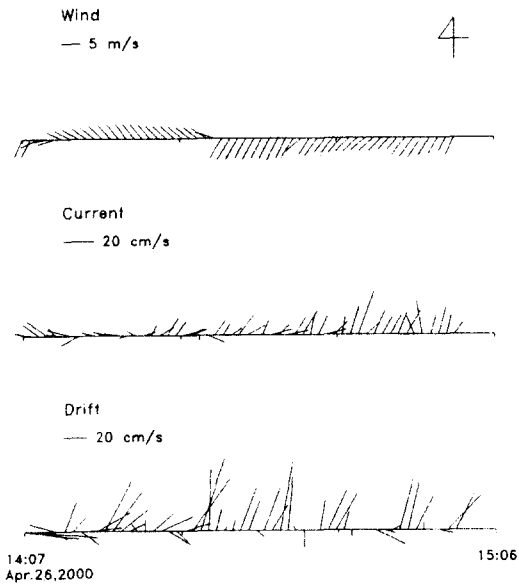


Fig. 9 Stick diagram for wind(upper), sea current(middle), ship's drift(lower) during 14:32~15:31 on Apr. 28, 2000. The stick represents in speed and direction. Wind direction is shown to blow toward the axis, while sea current and ship's drift are shown to move off from the axis.

1) 해난사고는 년 평균 600여건 발생하고, 이로 인해 년 150~200명 정도 사망 또는 실종되는 인명피해

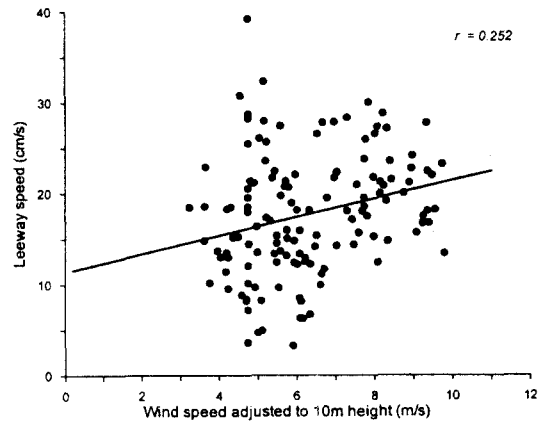


Fig. 10. The linear regression of leeway speed for G/T 50 ton vessel versus wind speed( $W_{10m}$ ).

가 발생한다. 그리고 해난사고 발생률은 어선이 전체의 약 85% 이상을 차지하여 가장 높고, 그 다음은 화물선, 유조선, 여객선 및 관공선 순이다. 사고 발생장소는 항계내 및 협수로를 포함한 영해 내에서 전체의 약 70% 정도 발생한다. 그러나, 20' 이상의 외해에서도 매년 150~180여건 해난사고가 발생한다. 따라서, 추후 우리나라의 수색·구조용 장비 계획 수립시, 외해용으로 적합한 대형고속함정, 고정익 항공기, 함정탐재용 헬기 및 고속정 등의 확보·증강에 더 많은 투자가 필요하다.

Table 6 과거의 leeway 실험 연구 결과

Type of Craft	Leeway Speed(knots) (U: wind speed in knots)	Leeway Angle( °)	Reference
Large cabin cruisers	0.05U	±60	Chapline(1960)
Medium displacement sailboats, fishing vessels	0.04U	±60	Chapline(1960)
Heavy displacement deep draft sailing vessels	0.03U	±45	Chapline(1960)
Large vessels(≥90ft)	0.03U~0.07U	±45	Hiraika et al(1967) Suzuki & Sato(1977)

Source : Kang and Lee(1994), US National SAR Manual(1991), Canadian National SAR Manual(1997)

2) 현장표류실험 자료를 분석하여 풍속과 leeway 속도 간의 선형회귀관계를 분석한 결과, leeway speed (LS)의 선형식은  $LS(cm/s) = 1.01 \times U(m/s) + 11.36$  ( $U$ 는 풍속)이고, 두 변수간의 상관계수는 0.252이었다. 그리고 leeway 각은 풍하방향으로부터 (-) 78°(왼쪽) ~ (+) 87°(오른쪽)의 범위인 것으로 나타났다. 여기에서 구한 leeway 특성은 과거의 표류실험 결과 (Table 6)와 다소 차이를 보이는데, 이것은 실험결과와 표현방식의 차이, 표류대상 선박의 선형, 형상, 수면하 대 수면상 면적비의 차이 및 해수유동벡터의 관측방법의 차이 등에 의한 것으로 사료된다.

본 연구는 우리나라 관할해역에서 발생한 해난사고를 선종(ship's type) 및 장소별로 분석하였다. 그러나 우리나라의 SAR 능력 향상을 위해서는 추후 수색구조의 조직, RCC의 효율적인 운영방안, 통신장비의 개발, SAR 장비의 증강 등에 관한 연구가 뒤따라야 할 것이다. 그리고 본 연구는 조난물표의 leeway 특성을 파악하기 위하여 단일 물표를 대상으로 단시간 동안 해수유동이 다소 복잡한 연안 부근에서 해상표류실험을 실시·분석하였는데, 앞으로 해상에서 표류할 가능성이 있는 다양한 종류의 물표에 대한 현장실험 및 해양

환경의 변화에 따른 leeway의 변화 등을 파악하기 위하여 장시간 동안의 현장실험이 필요하다고 생각된다.

## 참고문헌

- [1] 강신영, 이준, "소형선박의 표류특성 추정을 위한 현장실험", 해양안전학회, 제1권 제1호, 1994.
- [2] 윤종휘, 정세모, 박진수, "광역해상교통 관제시스템 및 표류선박의 거동특성에 관한 연구", 한국해양연구소, 2000.
- [3] 해양경찰청, 해난사고 통계연보, 1999.
- [4] Canadian Coast Guard, *National SAR Manual*, B-GA-209-001/FP-001, 1997.
- [5] Pingree, F. deW, *Forethoughts on Rubber Rafts*, Woods Hole Oceanographic Institution, 26pp, 1944.
- [6] USCG, *National SAR Manual*, 1991.
- [7] USCG, *Review of Leeway, Field Experiments and Implementation*, Report No. CG-D-08-99, 1999.